
Estrategias de adaptación

en el cultivo del maíz ante la variabilidad
climática, Puebla, México

Strategies for adapting maize cultivation
to climate variability, Puebla, México

Mónica Ramírez Huerta

José Pedro Juárez Sánchez

Benito Ramírez Valverde

Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula
Estado de Puebla. Puebla, Pue., México
cat87mo@gmail.com; pjuarez@colpos.mx; bramirez@colpos.mx
Ramírez Huerta: <https://orcid.org/0000-0003-1571-4842>
Juárez Sánchez: <https://orcid.org/0000-0001-8417-1752>
Ramírez Valverde: <https://orcid.org/0000-0003-2482-5667>

Resumen

La agricultura de temporal es una actividad económica prioritaria por la generación de empleos e ingresos en los países subdesarrollados. El objetivo de la investigación fue analizar si la variabilidad climática está influyendo en las prácticas agrícolas para producir maíz bajo condiciones de temporal en México. En la investigación se realizó un muestreo aleatorio simple, y se entrevistaron 95 campesinos. Se encontró que los campesinos perciben que el clima está cambiando y que se incrementaron las enfermedades y las plagas. Ante ello, han retrasado la fecha del barbecho, de la siembra y fertilización. También cambiaron el tipo de semilla utilizada en la siembra. Se concluye que los rendimientos de maíz han disminuido a través del tiempo, no solo por el factor climático, sino también ha influido la política agrícola implementada que desincentiva el incremento de la producción debido, entre otros factores, a los altos costos de los insumos.

PALABRAS CLAVE: percepción climática; adaptación de cultivo; pequeña agricultura; rendimiento maíz.

Abstract

Temporary agriculture turns to be an employment opportunity and a source of income in underdeveloped countries. This research tends to analyze if climate variability is influencing agricultural practices to produce corn under temporary conditions in México. A simple random sampling was carried out and 95 farmers were interviewed. The study reveals that farmers perceive that climate is changing as well as disease and plague are increasing. Given this, fallow, sowing and soil fertilization have been delayed. The type of seed used in crops has also changed and corn yield has been decreased through time, not only because of climate change but also because the agricultural policies applied. This policy which discourages the increase in production due to high cost of input.

KEYWORDS: climate perception; crop adaptation; small agriculture; corn yield.

1. Introducción

A escala mundial la agricultura es una actividad económica fundamental, por el número de hectáreas dedicadas a la producción y las personas que dependen de ella, y se prevé que disminuirá anualmente la producción agrícola de granos básicos. A esta tendencia se suman los desastres por fenómenos hidrometeorológicos, el *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED, 2018) menciona que en 2018 ocurrieron 315 desastres en el mundo, la mayoría de origen meteorológico e hidrológico. En este escenario, se predice que los pequeños agricultores de los países subdesarrollados, presentarán pérdidas de producción por el incremento de las temperaturas y diferencias en la precipitación y se reducirá para el año 2055, el 10% de la producción de maíz en América Latina, con pérdidas económicas de dos mil millones de dólares por año (Altieri y Nicholls, 2009).

En México, el Centro Nacional de Prevención de Desastres Naturales (CENAPRED, 2012) reportó que el 2011 fue uno de los años con mayores pérdidas económicas por fenómenos hidrometeorológicos, siendo el maíz de temporal el más afectado, ya que, de las 5.578.638 hectáreas sembradas, el 21,3% fue siniestrado (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-SIAP, 2011) y en el estado de Puebla, 111.810,3 hectáreas cultivadas con maíz de temporal, fueron siniestradas por heladas atípicas en este mismo año (SIAP, 2011). Ante este tipo de eventualidades, los agricultores están desarrollando estrategias tanto económicas como agrícolas, las cuales se consideran un reflejo de su capacidad de respuesta ante la percepción del riesgo. El objetivo de la investigación fue analizar la influencia de los eventos climáticos extremos en las prácticas agrícolas para la producción de maíz de temporal en el centro-oriente de Puebla, México.

1.2 Estrategias de adaptación en el proceso de producción agrícola

La percepción del riesgo entre los pequeños productores pone a prueba su capacidad de recuperación ante un desastre agrícola por fenómenos naturales, tomando en cuenta que la política agrícola bajo el modelo económico neoliberal, es limitada (Olivares *et al.*, 2017). Es por ello que el tema de la adaptación a variaciones climáticas no es ajeno a los campesinos, ya que, con formas diferentes de entender, percibir y actuar frente a los fenómenos climáticos, han mantenido y transformando sus prácticas agrícolas en el cultivo del maíz y prueba de lo anterior es el conocimiento tradicional.

Este conocimiento, según Moreno *et al.* (2013), ha sido transmitido y utilizado por las familias campesinas durante largos períodos a través del conjunto de variedades, especies, espacios, sistemas y paisajes intencionalmente creados y que constituyen la base de las prácticas agrícolas a través del tiempo, siendo importante su manejo para evitar riesgos como las heladas en el cultivo del maíz. En este contexto, se considera que los campesinos regularmente han convivido con la variabilidad climática, pero su alteración se está convirtiendo en un riesgo mayor para sus cultivos. Entendiendo a la variabilidad climática como la fluctuación en el corto plazo de las condiciones meteorológicas de una región (Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático-IPCC, 2014).

Es por lo que las prácticas agrícolas están cambiando en el manejo del cultivo maíz en ciertos espacios, destacando el cambio en la fecha de siembra, el uso de semillas, así como la disminución de la dosis y fechas de fertilización. Prueba de ello es que el inicio de la siembra de maíz de temporal, se asocia al comienzo de las lluvias; sin embargo, el aumento en la temperatura y decremento en la precipitación de la región centro de México han incidido para que las comunidades opten por

retrasar o adelantar las fechas de siembras del cultivo del maíz (Stahle *et al.*, 2016).

En cuanto al uso de semillas criollas se considera que es una estrategia que valora y clasifica la diversidad genética regional, y los campesinos las usan como alimento y material genético para cultivar sus parcelas. Estas semillas cuentan con características dadas por el entorno donde se desarrollan de forma natural, soportan las condiciones del clima, son resistentes a plagas y enfermedades, aunado a que cuentan con características nutritivas especiales (Rivas *et al.*, 2013). También comprenden numerosas variantes como la forma de las mazorcas, color, textura del grano (Perales y Golicher, 2011) y atendiendo las necesidades del temporal, estas pueden ser de ciclo corto, mediano o largo.

Otra forma de enfrentar la variabilidad climática en la agricultura es mediante el uso adecuado de fertilizantes, ya que su eficiencia depende de las características del suelo, del manejo del cultivo y de las condiciones climáticas como la presencia de lluvias, debido a que estos requieren de agua para su óptimo funcionamiento (FAO, 2002). En los sistemas de temporal, el nitrógeno incrementa la capacidad de crecimiento del grano en el cultivo de maíz durante la etapa de llenado y la producción de biomasa aérea (Kibet *et al.*, 2009). En este escenario, los campesinos deben garantizar su subsistencia y minimizar los riesgos, maximizando la diversidad en su unidad de producción y el número disponible de opciones (Aguilar *et al.*, 2014). Empleando su accionar, valores, creencias, normas y medios para comprender o valorar las adaptaciones (Fernández *et al.*, 2014) para reducir su vulnerabilidad social, económica e institucional y, por ende, el riesgo a heladas y sequías.

2. Metodología

La investigación fue de tipo transversal; así mismo fue de corte comparativo, ya que contrasta espacios con potencial productivo propenso a heladas con otros, con alto potencial productivo, pero con menores heladas. Se utilizó el método deductivo, el cual establece un vínculo de unión entre teoría y observación que permite deducir a partir de la teoría los fenómenos objeto de observación (Dávila, 2006). Se realizó una revisión bibliográfica de los conceptos de adaptación, variabilidad climática y desastres.

Para conocer la percepción de los productores de maíz sobre la variabilidad climática, se aplicó un cuestionario en donde se analizaron 63 variables fundamentalmente de tipo ambiental, técnicas y sociales. Se utilizó un muestreo cualitativo con varianza máxima, con una confiabilidad de 95% y una precisión del 10%; el marco de muestreo fue la lista de agricultores productores de maíz que participan en el Programa de Apoyo Directos al Campo (PROAGRO Productivo) de los municipios de Chalchicomula de Sesma, Aljojuca y San Juan Atenco, a partir del cual se determinó el tamaño de muestra bajo la siguiente ecuación (Gómez, 1979):

$$n = \frac{NZ^2_{\alpha/2} p_n q_n}{N d^2 + Z^2_{\alpha/2} p_n q_n}$$

Dónde: N= 6483 (Tamaño de la población); $Z_{\alpha/2}$ (Confiabilidad del 95%); Precisión ($d= 0,1$); p_n = Proporción con la característica de interés = 0,5; q_n = Proporción sin la característica de interés = 0,5.

El tamaño de la muestra fue de 95 productores escogidos aleatoriamente. Se seleccionaron dos espacios, uno con potencial productivo propenso a heladas (57) y otro con alto potencial productivo, pero con menores heladas (38). Para analizar la información se utilizó estadística paramétrica y no paramétrica.

Estos espacios productivos se ubican en los municipios ya citados y se localizan en el centro-oriente del estado de Puebla entre los paralelos 18° 59' y 19° 6' de latitud norte; los meridianos 97° 27' y 97° 34' (INEGI, 2009), (FIGURA 1). El área de estudio tiene una extensión de 513,59 km², una altitud que varía de los 2.440 a 2.649 msnm.

Su población total asciende a 56.661 habitantes (INEGI, 2016), su principal actividad económica es la agricultura realizada bajo condiciones de temporal, a la cual se destinan 24.779,54 hectáreas (SIAP, 2016) y el cultivo de maíz ocupa la mayor superficie sembrada. En Chalchicomula de Sesma, el 70,8% de su población total está en situación de pobreza, en Aljojuca el 81,6% y en San Juan Atenco el 78,6% (CONEVAL, 2015).

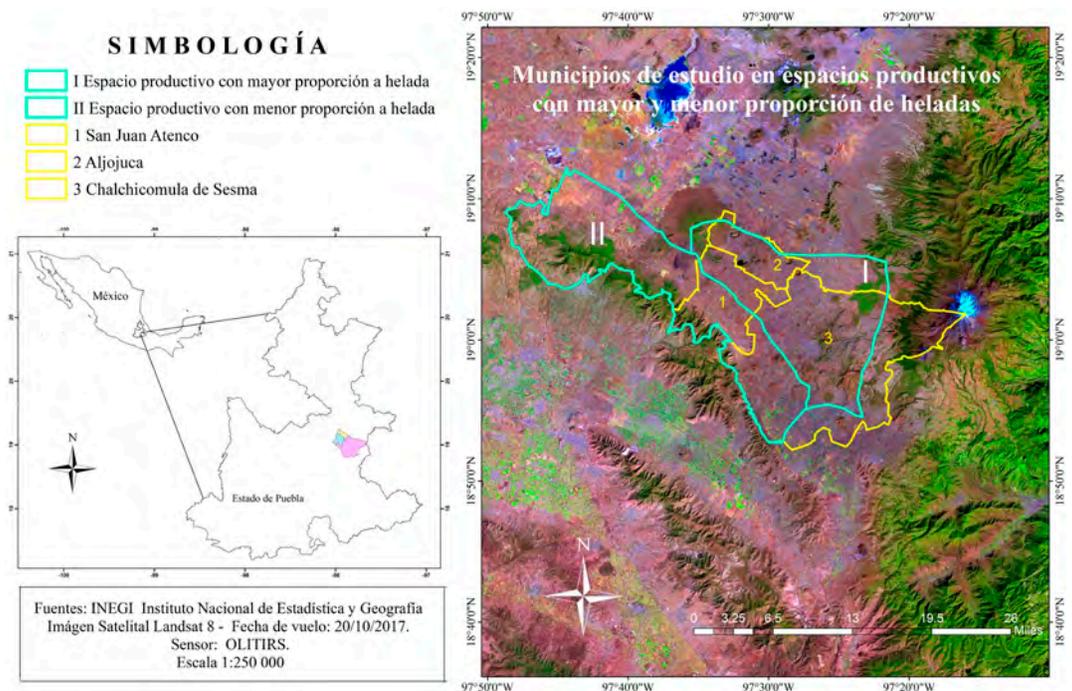
3. Resultados y discusión

3.1 Prácticas agrícolas ante la variabilidad climática agrícolas en el cultivo de maíz de temporal

En el área de estudio se practica una agricultura de corte minifundista, en sus unidades de producción; siembran maíz de temporal, predomina la propiedad ejidal y poseen una superficie promedio de 6,1 hectáreas. Estos resultados son similares a los reportados por Turrent *et al.* (2012), quienes mencionan que casi el 60% de los 3,58 millones de predios del país, poseen menos de 5 hectáreas. Se entrevistó a productores con una amplia experiencia sembrando maíz, siendo que la totalidad mencionó que el clima está cambiando mucho, tanto en el espacio con mayor presencia de heladas (66,7%) como en el que presenta menores heladas (60,5%). Perciben que está cambiando

FIGURA 1. Ubicación espacial de los municipios de estudio en el contexto nacional y estatal.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, CON DATOS DE INEGI Y COLEGIO DE POSTGRADUADOS



el clima porque: hace más calor (96%); llueve menos (87%); hay más sequías (88%); cambia repentinamente el clima (82%); y sienten que son más intensos los fríos (71%). Estos resultados los confirman Velasco *et al.* (2015), al mencionar que aumentaron los días secos y disminuyeron los días húmedos consecutivos en el área de estudio.

Los entrevistados de los espacios con menos heladas (71,1%) y donde se presentan más heladas (68,4%), la variabilidad climática afectó, principalmente, al cultivo de maíz y fue de muy fuerte (34,7%) a fuerte (31,6%). Estadísticamente ($\chi^2=5,193$; $p < 0,158$) el nivel de afectación fue similar. Aquí adquiere relevancia el concepto de adaptación, el cual hace referencia a los cambios que experimenta un individuo en respuesta a las demandas del entorno y su interacción con este (Mamani, 2017). En este escenario, los mecanismos de adaptación y la capacidad de respuesta a desastres por eventos climáticos permiten conocer si los sistemas sociales son resistentes a los impactos (Campos *et al.*, 2013).

Significa que ahora los desastres forman parte de su modo de vida y se constituyen en una base sólida para elaborar medidas y estrategias de adaptación agrícola. En este escenario de adaptación, se encontró diferencia estadística ($\chi^2=2,418$; $p < 0,299$) en la realización del barbecho entre espacios, este fue ejecutado del primero de noviembre al 15 de enero. El 50% atrasó esta labor, el 31,4% la realizó en la misma fecha y el 18,6% la adelantó. Este se realizó en épocas en donde las lluvias son más erráticas (diciembre a enero) y se realizan porque contribuye a mejorar la estructura del suelo concentrando la humedad, y porque aporta materia orgánica al suelo (González y Chávez, 2012)

Otro elemento importante en el proceso productivo es el surcado y la siembra; se realizó del 01 de marzo al 30 de abril. En el espacio con menores heladas, el 31,6% sembró en la primera quincena

y el 44,7% en la segunda quincena de marzo. En el espacio con mayor presencia de heladas, el 28,1% sembró en los primeros días de marzo y el 38,6% en la primera quincena de abril. El 63,2% atrasó la fecha de siembra, especialmente, en los espacios con más presencia de heladas (75,4%) que en donde hay menores heladas (44,7%). Significa que hay más agricultores ($\chi^2=14,647$; $p=0,001$) que cambiaron la fecha de siembra en el espacio con mayores heladas. Es por lo que, el 57,9% mencionó que el cambio en el clima está afectando la fecha de siembra.

Los agricultores atrasaron la siembra debido a que las lluvias se demoran. Fueron pocos los entrevistados (16,7%) que adelantaron sus siembras, siendo menos notorio en los espacios con menores heladas (7,2 días) que en donde existen más heladas (12,8 días). En promedio fueron 10,8 días los que se adelantaron las siembras y fue debido a que en ambos lugares llovió antes de lo normal. Esto es lógico, ya que las fechas de siembra bajo condiciones de temporal inician con la presencia de las lluvias (Escalante *et al.*, 2007). Los resultados coinciden con la estación meteorológica más cercana (Coyotepec-21081), la cual registró la mayor precipitación en el mes de abril con 128 mm; mes en el que el 55,8% sembró en los espacios con más heladas. Mientras que los espacios con menos heladas la estación más cercana (Serdan-21026) reportó en el mes de abril 73 mm de precipitación, mes en el que el 52,9% de los entrevistados sembró.

Respecto a la cantidad de semilla, se encontró diferencia estadística ($t=3,423$; $p=0,001$) entre ambos espacios, debido a que los espacios agrícolas con mayores heladas utilizaron una menor cantidad de semilla (22 kg/ha) que en los espacios con menores heladas (25 kg/ha). En el espacio con más heladas la densidad óptima es menor a la densidad de plantas, para maximizar el rendimiento en grano, dado que disminuye

la competencia por luz, agua y nutrientes (De la Cruz *et al.*, 2009). En los espacios con menos heladas, el 65,2% aumentó el número de kilos y el porcentaje restante la disminuyó; y en los espacios con más heladas, el 51,9% aumentó la cantidad de semillas en la siembra.

Se considera que la cantidad de semilla empleada en la siembra se relaciona al temporal, ya que el 54% utilizó una determinada cantidad de semilla de acuerdo al inicio de las lluvias para asegurar su cosecha. Es decir, que utilizan una determinada cantidad de semilla de acuerdo a la humedad que tuviesen los suelos y a la previsión del temporal (seco o con humedad), para asegurar un mejor rendimiento. Lo anterior responde a la oferta de recursos disponibles para el crecimiento de la planta debido a la variabilidad climática y el tipo de suelo (Jiménez y Acosta, 2013). El 86,3% de los campesinos utilizó semillas criollas en la siembra. Ramírez *et al.* (2007b) mencionan que en los años de 1975 (98,5%) y 1995 (96,7%), los campesinos, donde se ubican los tres municipios estudiados, utilizaban semilla de maíz criolla en sus siembras, lo que significa que disminuyó su uso.

El 29,5% de los agricultores cambiaron el tipo de semillas que emplearon en la siembra, en los espacios con menos heladas (39,5%) y en donde ocurren más (22,8%). Para conocer qué factores (sociales, económicas y agronómicas) incidieron

para que los entrevistados hayan cambiado el tipo de semilla, se aplicó un modelo de regresión logística con el método de selección por pasos hacia adelante (Wald), para lo cual se procedió a incluir y desechar variables, hasta obtener el modelo adecuado. Finalmente, se encontró que el tipo de semilla está relacionado a la percepción que tiene los entrevistados sobre la variabilidad climática, ya que mencionaron que afecta en el tipo de variedad de semilla que utilizan en la siembra y la fecha en que más se presentan las heladas. Lo que manifiesta su asociación con el cambio de semillas (TABLA 1).

Por lo cual, se plantea que el cambio del tipo de semillas tiene relación directa con la variabilidad climática, ya que el 27,4% de los entrevistados mencionó que cambió de semillas por la variabilidad del clima. También se encontró que ha influido en el cambio de semillas por la presencia de las heladas, fenómeno recurrente en estos espacios. En ese sentido, el 49,5% mencionó que se cuidan de las heladas de julio. Ello responde al por qué cambian semillas. También se debe tener en cuenta que los agricultores buscan semillas con el mayor rendimiento, siempre teniendo en cuenta la variabilidad climática.

Cabe destacar que casi la mitad de los entrevistados utilizó semillas de color blanco o cremoso, así como semillas de color rojo, azules o negras.

TABLA 1. Estimadores del modelo de regresión logística con el método de selección por pasos hacia adelante (Wald).

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DE ENCUESTA, 2017

Variables	B	E.T.	Wald	P	Exp(B)
Variabilidad en el clima afecta cambio de variedad de semillas	2,896	0,674	18,848	0,000	18,095
Fecha en que se presentan las heladas	0,000	0,000	11,038	0,001	1,000
Constante	-946,610	248,339	11,083	0,001	0,000

No se encontró diferencia estadística ($\chi^2= 3,047$; $p < 0,081$) en el color de semilla utilizada en ambos espacios. En ese contexto, Velasco *et al.* (2013) mencionan que en la región los agricultores acostumburan a sembrar variedades criollas de maíz de diferente coloración y precocidad, de acuerdo a la humedad residual existente en el suelo o al inicio de la temporada de lluvias, manejándose en forma escalonada maíces de grano blanco (siembras de humedad residual en marzo y abril), amarillos, azules y rojos (siembras de mayo a primera quincena de junio).

Otro aspecto importante en el proceso productivo es la aplicación de fertilizantes; este insumo lo emplearon todos los entrevistados en sus terrenos y la mayoría (95%) lo aplicó una sola vez del 15 de abril al 15 de julio. No obstante, la fecha de fertilización fue modificada por el 90,5% de los campesinos; el cambio se dio principalmente en los espacios con más heladas (98,2%) que en los que tienen menos heladas (78,9%). De los agricultores que cambiaron la fecha de fertilización, el 81,4% comentó que adelantó esta práctica agrícola; este proceso fue más evidente en los espacios con más propensión a las heladas (87,5%) que en los espacios con menos heladas (70%). Existen distintos factores por los cuales los productores cambian la fecha de fertilización, siguiendo el proceso anterior, se aplicó el modelo de regresión logística y se encontró que el cambio de la fecha de fertilización estuvo relacionado a la presencia o ausencia de humedad (TABLA 2).

Esta decisión se confirma al encontrar que en los espacios agrícolas con más heladas (78,9%) y en donde se presentan menos heladas (50%), los entrevistados cambiaron la fecha de fertilización, porque no había humedad en los terrenos. Es importante destacar que la precipitación influye de manera decisiva en el retraso o adelanto de fecha de la fertilización y en la producción del cultivo del maíz (Álvarez *et al.*, 2003).

La totalidad de entrevistados fertilizaron mediante productos químicos, destacando la urea (46-00-00) y el fosfato diamónico (18-46-00). El 71,6% mencionó que realizó cambios en la dosis de fertilización, de este porcentaje, el 89,7% disminuyó la dosis. En los espacios con menos heladas (92,5%) y en donde hay más heladas (87,5%) disminuyeron la fertilización. Estadísticamente ($\chi^2= 0,512$; $p < 0,474$) en ambos espacios disminuyeron la dosis de fertilización en porcentajes similares. La razón por la que disminuyeron la dosis de fertilización obedeció al alto costo de estos insumos (62,3%) y a que no tenían recursos para su compra (24,6%). Estos resultados ponen de manifiesto que en ambos espacios hay una reducción en el consumo de fertilizantes producto de la caída del ingreso real del campesinado (Aguilar *et al.*, 2015) y al alto precio de los insumos. Esta situación no es más que el reflejo de la política agrícola de corte neoliberal. Por lo que atañe a las malezas, se halló que todos los agricultores las siguen controlando fundamentalmente a través de las labores realizadas (mediante el arado) al cultivo.

TABLA 2. Estimadores del modelo de regresión logística con el método de selección por pasos hacia adelante (Wald).

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DE ENCUESTA, 2017

VARIABLES	B	E.T.	Wald	P	Exp(B)
Presencia o ausencia de humedad	0,765	0,254	9,051	0,003	2,149
Constante	-5,483	1,303	17,699	0,000	0,000

Es importante tener en cuenta que los agricultores de ambos espacios consideraron que las lluvias han disminuido y que se han incrementado los calores, esto significa que se intensificarán los fenómenos climáticos como las sequías (Bravo *et al.*, 2012). Ello traerá problemas fitosanitarios, principalmente en el cultivo de maíz (Hódar *et al.*, 2012). En este sentido, el 77,9% de los entrevistados mencionó que su cultivo de maíz tuvo plagas, siendo que en los espacios con menos heladas se observaron más plagas (84,2%) que en los que hay más heladas (73,7%). También consideraron que aumentó la presencia de plagas en los espacios con menos heladas (71,9%) y en los espacios con más heladas (66,7%). Una de las razones del incremento de plagas obedeció a las sequías. Ello demuestra que la presencia de plagas responden a periodos de sequías, fuerte actividad de manchas solares o combinaciones de sequía y humedad excesiva, entre otros eventos (Vázquez, 2011).

En relación a las enfermedades, el 46,3% de los entrevistados mencionó que su cultivo fue afectado; en los espacios con menos heladas, el 83,4% consideró cambios en la presencia de enfermedades y el 65,4% en los espacios con más heladas. La percepción del incremento de enfermedades, se corrobora en un estudio que menciona que en 1995 los campesinos de la región (97%) afirmaron que no se presentaron enfermedades en el cultivo de maíz (Ramírez *et al.*, 2007a). El resultado es por demás importante, ya que las enfermedades y plagas son factores de riesgos que provocan descensos en el rendimiento en el cultivo de maíz y que, en países subdesarrollados, representan un problema de seguridad alimentaria y de subsistencia para los campesinos, observándose pérdidas de más del 30% de la producción (López *et al.*, 2018).

La percepción de la variabilidad climática se ve reflejada en el impacto del rendimiento de maíz. Los agricultores entrevistados percibieron que disminuyeron los rendimientos en este cultivo, en

los espacios con menos heladas (47,4%) y en los espacios con más (50,9%). La disminución de la producción se debe a las heladas y sequías; tanto en los espacios con menos (83,3%) como en los espacios con más (89,3%) heladas. Este resultado lo ratifica Velasco *et al.* (2015) al mencionar que encontraron un índice anual ascendente en el número de Días con Helada Meteorológica (DHeM) para la región de estudio con un incremento considerable de valores de 20 DHeM, en los años 80's y principios de los 90's, notándose en el año 2000 la existencia de un dato de 68 DHeM.

Por su parte, Ramírez *et al.* (2007b) reportan que en 1992 se obtuvieron buenos rendimientos promedio, tanto en los espacios con menos (5.000 kg/ha) y con más heladas (3.770 kg/ha). Para el 2016, los rendimientos de los entrevistados disminuyeron en los espacios con más (3.121,4 kg/ha) y con menos (3.419,7 kg/ha) heladas, pero estadísticamente ($t=1,055$; $p < 0,294$) fueron similares. Los rendimientos de ambos grupos fueron superiores al promedio de maíz de temporal nacional (2.480 kg/ha) y estatal (1.480 kg/ha) en este año (SIAP, 2016). Velasco *et al.* (2015) argumentan que en 1992 se tuvieron buenos rendimientos para el maíz en la región de estudio, debido a que a fines de marzo y abril las precipitaciones fueron cercanas a 220 mm que benefició las etapas de crecimiento vegetativo y de floración del maíz; pero para el año 2016, descendió la precipitación durante los mismos meses, alcanzando solo 127 mm.

En este sentido, Granados y Sarabia (2013) mencionan que la escasez o exceso de agua afectan la fenología, la floración, el desarrollo de plagas y enfermedades que impactarán negativamente la producción de maíz. Sin embargo, también la política agrícola afecta la producción de maíz, la cual subordinó las necesidades del país a estrategias que siguen una dinámica económica mundial (Torres y Rojas, 2015), debilitando el crecimiento interno, sin detener los impactos que el modelo

de economía abierta genera a los campesinos, que se desarrollan en un ambiente de incertidumbre, reflejado en la tendencia de los precios de los granos y en sus ingresos (Ortiz y Montiel, 2017).

4. Conclusiones

La agricultura de temporal es una actividad económica prioritaria por la generación de ingresos no solo de México, sino también de los países subdesarrollados. Hoy en día no solo es amenazada por la política de precios a sus productos e insumos, sino también por la variabilidad climática. Los agricultores entrevistados son pequeños productores de maíz, y mencionaron que el clima está cambiando, ya que perciben que hace más calor, llueve menos, hay más sequías y perciben intensos los fríos.

Esto no es propio de la región de estudio, también se observa en otros espacios del mundo y prueba de ello es que hay más heladas que están afectando a la agricultura de temporal. Ante esta situación los agricultores están desarrollando estrategias de adaptación en sus prácticas agrícolas. En ese sentido, los agricultores están cambiando la realización del barbecho y su profundidad, la fecha de siembra la atrasaron y la semilla empleada cambió en función de la humedad y se incrementó en donde existen menos heladas. El tipo de semilla utilizada en la siembra está relacionado a la percepción que tienen sobre la variabilidad

climática y su rendimiento, predominando el uso de la semilla de color cremoso por su valor comercial.

Otro aspecto que está cambiando en el proceso productivo es la fecha de fertilización, la cual estuvo relacionada con la presencia o ausencia de humedad. Pero disminuyó la cantidad de fertilizante empleado a causa de su alto costo económico. Por lo que atañe a las malezas, los agricultores las siguen controlando, fundamentalmente, a través de las labores realizadas al cultivo. El aumento de la temperatura ha incrementado los problemas fitosanitarios; en ese sentido, se halló que se incrementó la presencia de enfermedades y plagas, las cuales provocan descensos en el rendimiento en los cultivos de temporal, lo cual conducirá a problema de seguridad alimentaria en los productores de subsistencia.

Se puede concluir que la percepción de la variabilidad climática y la política agrícola se ve reflejada en la disminución del rendimiento de los cultivos de granos de temporal. Lo anterior conllevará en un futuro, a la diversificación de fuentes de ingresos, es decir, no sólo dependerá de la actividad agrícola, sino de actividades no agrícolas. Ante ello se necesitarán programas de fomento a la agricultura; de no ser así, los campesinos podrían tomar medidas extremas, propias de la percepción de riesgo, como la migración para cubrir necesidades básicas como su alimentación.

5. Referencias citadas

- AGUILAR, Y.; ALIPHAT, M. M.; CASO, L.; DEL AMO, S.; SÁNCHEZ, M. L. & D. MARTÍNEZ. 2014. "Impact of traditionally managed forest units on the landscape connectivity of Sierra de Los Tuxtlas, Mexico". *Revista de Biología Tropical*, 62(3): 1.099-1.109.
- AGUILAR, C.; ESCALANTE, J. A.; AGUILAR, I.; MEJÍA J. A.; CONDE V. F. y A. TRINIDAD. 2015. "Rendimiento y rentabilidad de maíz en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno, en clima cálido". *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 1(2): 151-163.
- ALTIERI, M. Á. y C. I. NICHOLLS. 2009. "Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas". *LEISA Revista de Agroecología*, (14): 5-8.

- ÁLVAREZ, R.; STEINBACH, H. S.; ÁLVAREZ C. R. y S. GRIGERA. 2003. "Recomendaciones para la fertilización nitrogenada de trigo y maíz en la pampa ondulada". *Informaciones Agronómicas*, (18): 14-19.
- BRAVO, E.; MEDINA, G.; RUÍZ, J. A.; BÁEZ, A. D. y V. MARILES. 2012. *Cambio climático y su impacto potencial en el sistema producto caña de azúcar en el área de abasto del Ingenio Adolfo López Mateos*. INIFAP. México.
- CAMPOS, M.; DORIBEL, C. M. y M. K. McCALL. 2013. "Estrategias de adaptación al cambio climático en dos comunidades rurales de México y El Salvador". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (61): 329-349.
- CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES (CENAPRED). 2012. *Versión preliminar de las características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2011*. CENAPRED. Distrito Federal, México.
- CENTRE FOR RESERCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS (CRED). 2018. *Natural Disasters* Disponible en: <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/CREDNaturalDisaster2018.pdf>
- CONSEJO NACIONAL DE EVALUACIÓN DE LA POLÍTICA DE DESARROLLO SOCIAL (CONEVAL) 2015. *Medición de la pobreza 2010 y 2015. Indicadores de Pobreza*. Disponible en: https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/consulta_pobreza_municipal.aspx. [Consulta: marzo, 2018].
- DÁVILA, G. 2006. "El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales". *Laurus Revista de Educación*, 12: 180-205.
- DE LA CRUZ, E.; CÓRDOVA, H.; ESTRADA, M. A.; MENDOZA, J. D.; GÓMEZ, A. & N. P. BRITO. 2009. "Grain yield of maize genotypes grown at three population densities". *Universidad y Ciencia*, 25(1): 93-98.
- ESCALANTE, L. E.; LINZAGA, C. e Y. I. ESCALANTE. 2007. "Preparación del suelo para cultivo de plantas en campo". *Revista Alternativa*, 5(13): 10-15.
- FERNÁNDEZ, Á.; DÍAZ, I.; MÉNDEZ, M. E.; VIRGINIA, I.; PYHÄLÄ, A. y V. REYES. 2014. "Cambio climático y pueblos indígenas: estudio de caso entre los Tsimane', Amazonia boliviana". *Revista Virtual REDESMA*, 7(1): 110-119.
- GÓMEZ, R. 1979. *Introducción al muestreo*. Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México. Tesis de Maestría.
- GONZÁLEZ, E. A. y A. H. CHÁVEZ. 2012. "Evaluación de diferentes fechas de barbecho en el establecimiento de gramíneas en pastizales". *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 36(3): 187-196.
- GRANADOS, R. y A. A. SARABIA. 2013. "Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(3): 435-446.
- HÓDAR, J. A.; ZAMORA, R. y L. CAYUELA. 2012. "Cambio climático y plagas: algo más que el clima". *Ecosistema*, 21(3): 73-78.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA (INEGI). 2009. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Disponible en: http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21012.pdf [Consulta: enero, 2018.]
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA (INEGI). 2016. *México en cifras*. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/indicadores/#>. [Consulta: enero, 2018.]

- JIMÉNEZ, J. C. y J. A. ACOSTA. 2013. "Efecto y correlación de fechas de siembra, fertilización y densidad en el rendimiento de frijol Pinto Saltillo de temporal en Chihuahua". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(1): 115-127.
- KIBET, C.; LÓPEZ, C. y J. KOHASHI. 2009. "Efecto del nivel de humedad y nitrógeno en el suelo en el comportamiento de maíces híbridos y criollos de los Valles Altos de México". *Agronomía Costarricense*, 33(1): 103-120.
- LÓPEZ, L. M.; FLORES-RIVERA, M. F. D.; WINKLER R. & S. GARCÍA. 2018. "Increase of peroxidase activity in tropical maize after recurrent selection to storage pest resistance". *Journal of Stored Products Research*, 75: 47-55.
- MAMANI, T. 2017. "Caracterización de la adaptabilidad mediante el análisis multivariado y su valor como predictor del rendimiento académico". *Educación Superior Revista Científica. CEPIES*, 3(1): 68-75.
- MORENO, A. I.; TOLEDO, V. M. y A. CASAS. 2013. "Los sistemas agroforestales tradicionales de México: una aproximación biocultural". *Botanical Sciences*, (91)4: 375-398.
- OLIVARES, B.; CORTEZ, A.; LOBO, D.; PARRA, R.; REY, J. y M. RODRÍGUEZ. 2017. "Evaluación de la vulnerabilidad agrícola a la sequía meteorológica en diferentes localidades de Venezuela". *Revista de la Facultad de Agronomía*, 34(1): 103-129.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). 2002. *Los fertilizantes y su uso*. FAO, IFA. Roma, Italia.
- ORTIZ, F. y A. N. MONTIEL. 2017. "Transmisión de precios futuros de maíz del Chicago Board of Trade al mercado spot mexicano". *Contaduría y Administración*, 62(3): 924-940.
- PANEL INTERGUBERNAMENTAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC). 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects*. Cambridge University Press. New York. USA.
- PERALES, H. y D. GOLICHER. 2011. *Modelos de distribución para las razas de maíz en México y propuesta de centros de diversidad y de provincias bioculturales*. Disponible en: https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/genes/files/Informe_completo_apendices.pdf. [Consulta: mayo, 2018].
- RAMÍREZ, B.; RAMÍREZ, G.; J. P. JUÁREZ y A. CESÍN. 2007a. "Tecnología e implementos agrícolas: estudio longitudinal en una región campesina de Puebla, México". *Revista de Geografía Agrícola*, (38): 55-70.
- RAMÍREZ, B.; RAMÍREZ, G. y J. P. JUÁREZ. 2007b. "Innovación tecnológica, costos de producción, y rendimientos en el maíz en una región campesina. Tecnología e implementos agrícolas: estudio longitudinal en una región campesina". En: R. MARTÍNEZ, R. RAMÍREZ, B. y G. E. ROJO (Coords.), *Estudios y propuestas para el medio rural*. pp. 25-48. UAIM, COLPOS. México.
- RIVAS, G. G.; RODRÍGUEZ, Á. M.; PADILLA, D.; HERNÁNDEZ, L. y J. G. SUCHINI. 2013. *Bancos comunitarios de semillas criollas: una opción para la conservación de la agrobiodiversidad*. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- SISTEMA DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA (SIAP) 2011. *Anuario Estadístico 2011*. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. [Consulta: enero, 2018].
- SISTEMA DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA (SIAP) 2016. *Anuario Estadístico 2016*. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. [Consulta: marzo, 2018].

- STAHLE, W. D.; COOK, E. R.; BURNETTE, D. J.; VILLANUEVA, J.; CERANO, J.; BURNS, J. N.; GRIFFIN, D.; COOK, B. I.; ACUÑA, R.; TORBENSON, M. C. A.; SJEZNER, P. & I. M. HOWARD. 2016. "The mexican drought atlas: tree-ring reconstructions of the soil moisture balance during the late pre-hispanic, colonial, and modern eras". *Quaternary Science Reviews*, 149: 34-60.
- TORRES, F. y A. ROJAS. 2015. "Política económica y política social en México: desequilibrio y saldos". *Revista Problemas del Desarrollo*, 182, (46): 42-65.
- TURRENT, A.; CORTÉS, J. I. y A. ESPINOSA. 2012. "Propuestas de políticas de investigación y transferencia agrícola, pecuaria y forestal". En: J. L. CALVA (Coord.), *Políticas agropecuarias forestales y pesqueras*. pp. 179-197. Juan Pablos Editor. México.
- VÁZQUEZ, L. 2011. "Cambio climático, incidencia de plagas y prácticas agroecológicas resilientes". En: H. RÍOS, D. VÁRGAS y F. R. FÚNES (Comps.), *Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático*. pp. 75-101. INCA. Cuba.
- VELASCO, M. Á.; MORALES, T. y N. G. ESTRELLA. 2013. "Aplicación del enfoque de minería de datos en la variabilidad del clima en el municipio de ciudad Serdán, Puebla, México". *Ride*, (10).
- VELASCO, M. Á.; MORALES, T.; ESTRELLA, N. G.; DÍAZ, R.; JUÁREZ, J. P.; HERNÁNDEZ, M. y R. BERNAL. 2015. "Tendencias y variabilidad de índices de cambio climático: enfoque agrícola en dos regiones de México". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(7): 1.587-1.599.